第７講　呼吸②

■呼吸　…　酸素を用いて有機物を無機物に分解し，ATPを合成

名称	場所	ATP※	基質と生成物
解糖系	細胞質基質	２分子	グルコース　→　ピルビン酸，［H］
クエン酸回路	マトリックス	２分子	ピルビン酸，水　→二酸化炭素，［H］
電子伝達系	ミトコンドリア内膜	34分子	酸素，［H］　→　水

※一分子のグルコースが呼吸で消費された場合

・解糖系

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_3H_4O_3 + 4[H] + 2ATP$$

・クエン酸回路

$$(C_3H_4O_3 + 3H_2O \longrightarrow 3CO_2 + 10[H] + ATP) \times 2$$

・電子伝達系

$$24[H] + 6O_2 \longrightarrow 12H_2O + 34ATP$$

・呼吸全体

$$C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 12H_2O + 38ATP$$

※［H］は補酵素NAD^+と結合し，還元型補酵素NADHとして存在する。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

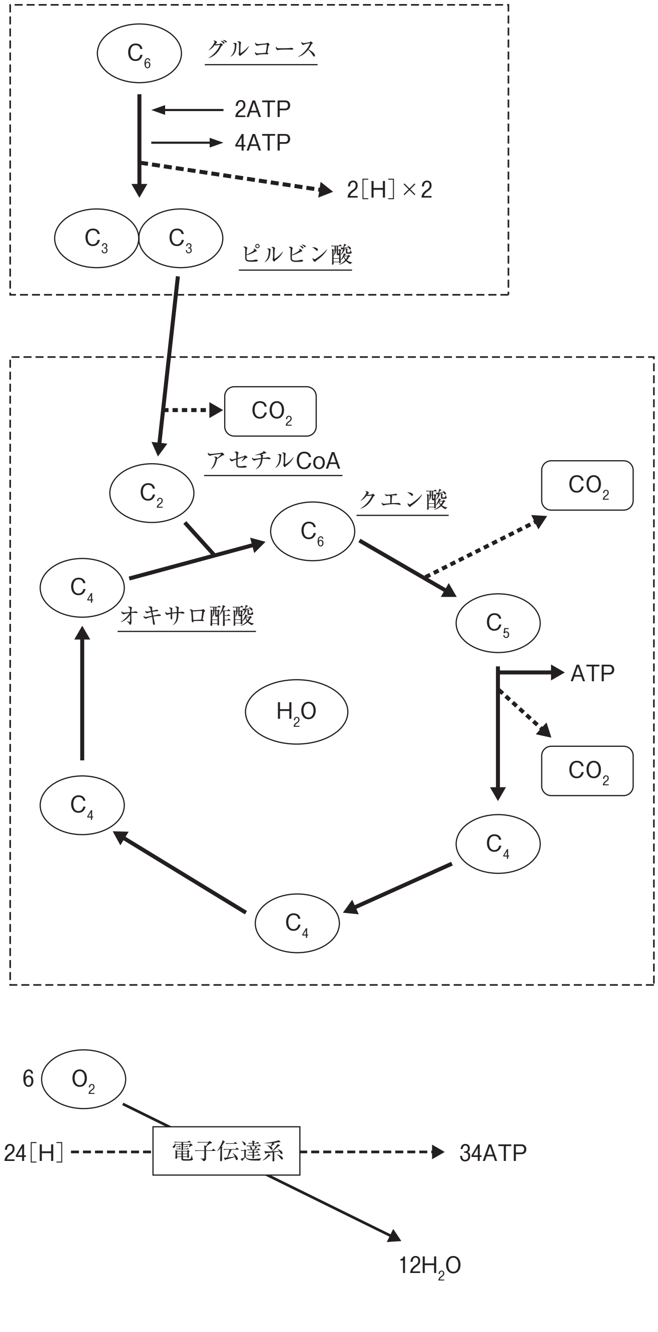
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

■呼吸の具体的な過程

解糖系
at 細胞質基質

クエン酸回路
at ミトコンドリア
マトリックス

電子伝達系
at ミトコンドリア
内膜(クリステ)



ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

◆呼吸商　…　呼吸商を調べることで，何を呼吸の基質としているかがわかる。

$$呼吸商 = \frac{呼吸で排出されたCO_2}{呼吸で吸収されたO_2}（体積比）$$

・呼吸商から呼吸基質を判断可能

（呼吸基質：何を呼吸の材料としているか）

呼吸商	＝	1	⟶	呼吸基質　炭水化物（グルコース）
呼吸商	＝	0.8	⟶	呼吸基質　タンパク質
呼吸商	＝	0.7	⟶	呼吸基質　脂肪
呼吸商	＞	1	⟶	発酵と呼吸の併用

ex

走り始め	呼吸商＝1	植食性動物	呼吸商＝1	イネの発芽	呼吸商＝1
有酸素運動時	呼吸商＝0.7	肉食性動物	呼吸商＝0.7〜0.8	ダイズの発芽	呼吸商＝0.8
				ゴマの発芽	呼吸商＝0.7

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第７講　演習問題

A　図1は真核生物の行う好気的な呼吸の3つの段階を示す。C_2，C_4，C_5は，それぞれ炭素数2個，4個，5個の化合物を表している。第1段階ではグルコース1分子から2分子の物質（　ア　）ができ，第2段階ではC_2分子とC_4分子から最初にできる物質（　イ　）がC_5分子を経てC_4分子に変換され，第3段階では物質（　エ　）と，第1および第2段階で生じた物質（　ウ　）とから物質（　オ　）ができる。次の問い(1)～(5)に答えなさい。

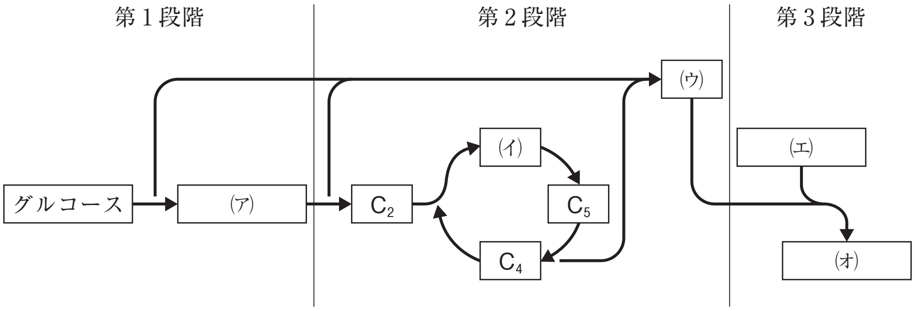


図１　呼吸の概略図

(1)　図と文中の（　ア　）～（　オ　）に入るもっとも適当な物質名を解答欄に1つ書きなさい。

(2)　第1段階，第2段階，第3段階をそれぞれ何とよぶか，答えなさい。

(3)　酵母菌のアルコール発酵のブドウ糖を基質とした化学反応式を書きなさい。またアルコール発酵において，30gのグルコースから合成される二酸化炭素は何gか小数第1位まで計算しなさい。ただし，原子量は水素1，炭素12，酸素16とする。

(4)　1分子のグルコースが好気的な呼吸で完全に分解されるとき，各段階においてATPはそれぞれ何分子生成するか。

(5)　次の文章a～eはどの段階を説明したものか，第1段階，第2段階，第3段階の中から該当するすべてを選びなさい。あてはまるものがない場合は4と答えよ。

a　嫌気的な環境下においても同様な反応が進行する。
b　ミトコンドリア内膜クリステで反応が進行する。
c　酸素が発生する。
d　二酸化炭素が発生する。
e　合成されるATPの数と消費されるATPの数とが等しい。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

B　図2に示すようにマウスを容器Ⅰと容器Ⅱにいれ，実験1と実験2を行った。実験1では，ガラス管中の赤インクは，実験開始10分後に1.5，30分後に4.5にまで移動した。実験2では，赤インクは20分後に0.9，40分後に1.8まで移動した。なお，測定開始時の赤インクは0.0の位置にあり，実験中の大気圧の変化や容器内外の温度変化はなかったものとする。また，実験1と実験2で用いた容器の大きさ及び管の太さや長さ，マウスの大きさや活動の量などは全て同じである。

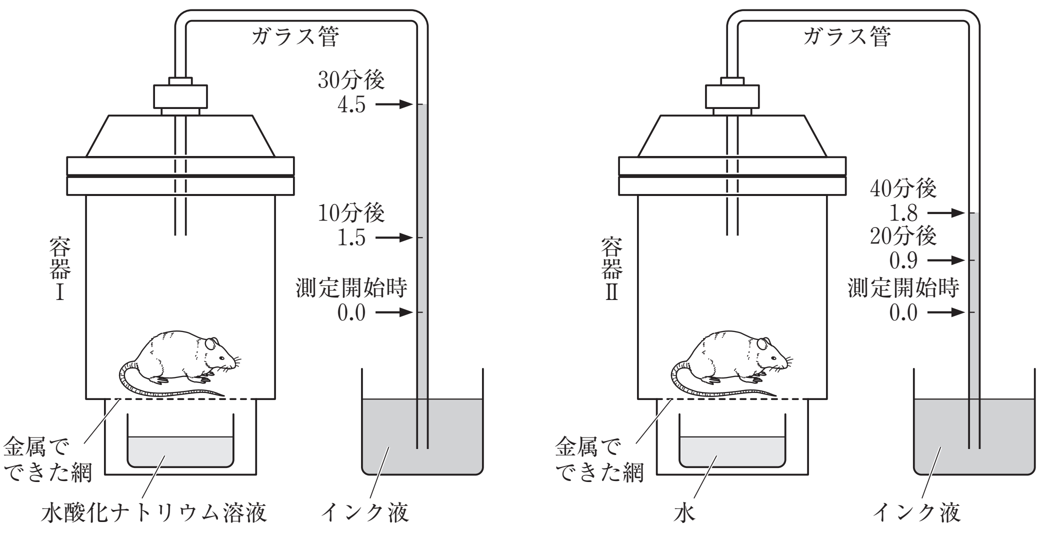


図２

(6)　この実験結果から呼吸商を計算するといくらになるか。最も近い数値を次の①～⓪のうちから一つ選べ。

①　0.0　　②　0.3　　③　0.5　　④　0.6　　⑤　0.7　　⑥　0.8
⑦　0.9　　⑧　1.0　　⑨　1.5　　⓪　2.0

(7)　(6)の結果から，この実験におけるマウスの呼吸基質になっている物質は，どのような食品中に多く含まれているか。最も適当なものを次の①～④のうちから一つ選べ。

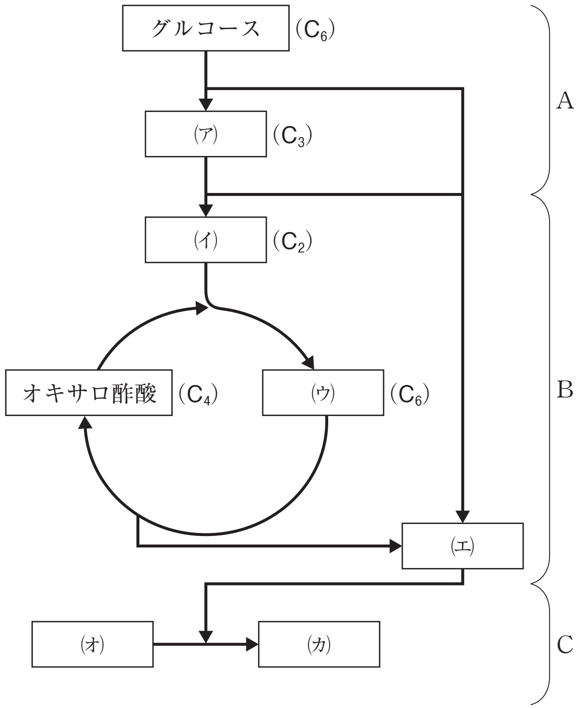
①　高野豆腐（タンパク質）　　②　コンニャク（水）
③　サツマイモ（炭水化物）　　④　ラード（脂肪）

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第７講　確認テスト

好気的な呼吸の概略を表した図に関する以下の問いに答えなさい。



問１　図の(ア)〜(カ)に該当する物質を下記の語群（a〜j）から１つずつ選び，記号で答えなさい。

a） 乳酸　b） アセチルCoA　c） 水素　d） コハク酸
e） 酸素　f） クエン酸　g） 二酸化炭素　h） ホスグリセリン酸
i） 水　j） ピルビン酸

問２　図のA，B，Cの各反応過程の名称をそれぞれ選びなさい。

(ア) クエン酸回路　(イ) カルビン・ベンソン回路　(ウ) 光化学反応
(エ) 電子伝達系　(オ) ヒル反応　(カ) 解糖系

問３　図のA，B，Cの各反応過程は，細胞のどの部分で行われるか。下記の語群（a〜i）から１つずつ選び，記号で答えなさい。

a） 細胞質基質　b） 核
c） リボソーム　d） ミトコンドリア内膜
e） ミトコンドリア外膜　f） ミトコンドリア基質（マトリックス）
g） 葉緑体　h） 細胞膜
i） 細胞壁

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問4　図のA，B，Cの各反応過程で，嫌気的な条件でも進行する過程はどれか。下記の語群（a～g）から1つ選び，記号で答えなさい。

a）　Aのみ　　b）　Bのみ　　c）　Cのみ　　d）　AとB
e）　AとC　　f）　BとC　　g）　すべて

問5　図のA，B，Cの各反応で，二酸化炭素を放出する過程はどれか。問4の語群（a～g）から1つ選び，記号で答えなさい。

問6　図のA，B，Cの各反応で，ATPが生成される過程はどれか。問4の語群（a～g）から1つ選び，記号で答えなさい。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜Note＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第７講　演習問題

(1)　(ア)　ピルビン酸　(イ)　クエン酸　(ウ)　水素(還元型補酵素)
　　(エ)　酸素　(オ)　水

(2)　第１段階：解糖系　第２段階：クエン酸回路　第３段階：電子伝達系

(3)　$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$　14.7 g

(4)　第１段階：2分子　第２段階：2分子　第３段階：34分子

(5)　a)　1　b)　3　c)　4　d)　2　e)　4

(6)　⑤

(7)　④

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第７講　確認テスト

問1　(ア)　j　(イ)　b　(ウ)　f　(エ)　c　(オ)　e　(カ)　i

問2　A　カ　B　ア　C　エ

問3　A　a　B　f　C　d

問4　a

問5　b

問6　g

【解説】

問1～3　解糖系は細胞質基質で進む過程であり，グルコースから二分子のピルビン酸を生じる。この過程ではATPの消費と合成，脱水素反応が起こる。ピルビン酸はミトコンドリアのマトリックスに運ばれ，脱炭酸反応によってC_2化合物のアセチルCoAとなる。アセチルCoAはオキサロ酢酸と結合してC_6化合物のクエン酸が生じるが，さらに脱水素反応や脱炭酸反応を通じて，再びオキサロ酢酸が生じる。この一連の回路状の反応は，クエン酸回路と呼ばれる。解糖系やクエン酸回路で生じた水素は補酵素を還元して還元型補酵素となっている。補酵素によってミトコンドリア内膜に存在する電子伝達系に運ばれた水素は，多量のATP合成に利用され，最終的には酸素と反応して水が生じることになる。還元型補酵素は酸化されて，酸化型補酵素となる。

問4　嫌気的な条件では，酸素を直接消費する電子伝達系が止まってしまう。この場合，補酵素が還元されたままになり，脱水素反応に必要な酸化型補酵素が不足する。その結果，脱水素反応を多く含むクエン酸回路も止まってしまう。解糖系で生じた還元型補酵素は，酸素が不足してもピルビン酸と反応して酸化型補酵素に戻れるため，酸素が不足しても解糖系は進行する。この場合，ピルビン酸は還元されて乳酸を生じることになる。この過程は解糖とよばれる。

問5　二酸化炭素は，クエン酸回路で働く脱炭酸酵素の作用で生じる。

問6　1分子のグルコースが呼吸で完全に分解されると，解糖系で2分子，クエン酸回路で2分子，電子伝達系で34分子，合わせて38分子のATPが生じることになる。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。